

物理学基础的抽象化

物理学 和 数学 的 比较

刘 博 文 著

广西民族出版社

物理学和数学的比较

物理学基础的抽象化

刘博文 著

广西民族出版社

(桂)新登字02号

物理学和数学的比较

刘博文 著



广西民族出版社出版发行

广西新华书店经销

南宁地区印刷厂印刷

开本850×1168 1/32 10.25印张 255千字

1994年4月第1版 1994年4月第1次印刷

印数：1—5000册

ISBN 7—5363—2778—1/ G·895 定价：7.50元

内 容 简 介

把现代物理学和数学在理论结构、基础概念及其精确化、价值观、创造过程和历史特点诸方面作比较，是新的物理学研究途径。本书整理了28个具体比较。大部分篇幅是对这些比较的趣味生动的阐述。同时，本书对现代物理学基础的抽象化作了专门论述，其中关于实验和实验室系统的精确分类、希尔伯特第8问题求解的讨论是严肃结果。本书还就现代物理思想中对空想的过份放纵、对严格性的轻视、对现代数学思想精华的借鉴不足等问题作了恰当而充分的分析和批评。本书适合于高中以上对物理学发展有兴趣的读者、大学物理和数学专业师生以及专业研究人员。

前 言

现代数学和物理学的比较是一个新的研究方向。特别，将二十世纪物理学和十九、二十世纪之交的数学作比较可以引出许多严肃的理论问题。比较也将显示现代物理学的科学水平落后于数学约一个世纪。比较最终将落实在抽象实验理论上，并导致希尔伯特第 6 问题的初步解决。书中将展示这方面的一系列结果。

为了衬托出理论结果的意义，下面将使用一些比喻来说明抽象实验理论的价值。应指出，书中全部比较和比喻其实都是一种引入方式，而不是作为理论的依据。

这本书会有益于专业物理学家和江湖物理学家。“江湖”一词是比喻，小说里的江湖好汉常数人自立济世规则，江湖物理学家则指创立以少数人自立的原理为基础的理论即江湖假说的物理学家。江湖假说也可以规定为带有较多个人感情色彩的理论。大多江湖物理学家都是专业物理学家，连爱因斯坦、海森伯这样著名的学者也有做江湖物理学家的时候，海森伯曾提出要用一组方程囊括全部物理世界规律，爱因斯坦提出过物理理论的完全性和广义相对性原理，这时的他们是在创立少数人自立原理的理论，个人感情色彩强烈且从者寥寥，按前面规定是江湖物理学家。有趣的是，数学的发展从来和江湖数学家毫不相干，但物理学的发展却离不开江湖假说，本世纪许多物理学成就最初由于缺乏实验依据而是从者寥寥的江湖假说。

对于专业物理学家，研究实验和基于实验的理论是他们的职业，他们需要知道什么是实验，也需要知道作为物理世界的研究者应身不由己地受到那些最起码的限制，特别是实验方面的限

制，这些限制与理论里个人感情色彩的减少有什么关系；套数学家的话，他们应科学地知道这样的限制有没有，有多少，结构如何。对于江湖物理学家，他们最关心的是怎样自立新原理以图重大突破，特别是怎样靠少量方程和结构去一统物理学天下。这时的他们也需要知道最起码的限制，以避免陷入过份强烈的个人感情漩涡而弄出让人贻笑的象永动机那样的东西来。

所谓这本书益于这两类物理学家，指的便是本书的内容正是讨论物理学里有没有全体（包括这两类）物理学家必须服从的超越个人感情色彩的限制，这限制和抽象实验的关系如何。

抽象实验、实验的分类、实验室的分类和它们间的关系的研究也起因于试图对现在物理学的下述四个缺点作克服，这四个缺点或是不可原谅的或是不可理喻的。

第一，物理学家是认真做科学学问的人，他应相信科学基础理论不是省油的灯，决不会有大便宜让人白捡。打个比方，如果某人一连收到许多自称百万富翁的人的来信声称要把全部财产无条件送给他，稍有脑筋的人都会想，天底下哪有这么多的大便宜让人白捡。数学在百多年前似乎在基础上可以白捡到许多大便宜，例如推理、计算、集合、自然数、实数等这些原始概念当时极简单，专业数学家和中学生知道的同样地多。后来的发展证明，科学没有这样好捡的便宜，上述概念现在都已发展成深奥而复杂的理论，今天的数学家尚不敢说知道的已够多了。现在的物理学家在基础上还有两件白捡到的大便宜，那就是实验和参照系。实验作为概念不曾被精确化而仅被当作自明之理，参照系被规定成参照物上的数学坐标系，专业物理学家（包括大物理学家）和大学低年级学生关于这两个概念知道得同样地多。由于这两个概念是物理学的最原始出发点，物理学家心里应纳闷：天底下哪有这么大的便宜让他们白捡？在自然科学基础理论里能让人白占大便宜的会是好货吗？

第二，科幻小说里允许说假话，但做物理学问是严肃的，绝不能在实验上说假做假。若用假实验编造理论必会受大家指责，但若大家都对某类实验说假话，却可能被当作物理学的自明之理，即是说，所谓“窃钩者诛，窃国者侯”的那种类似情形在现代物理学里不是没有。数学和物理学的比较使微观物理理论被强烈地指责为说一半假话。微观实验都是间接的，而大家都按牛顿时代任何宏观间接实验都可视为直接实验的老习惯把它们当作直接实验，这是假话，因为精确地研究实验及其分类后得到的结论是：微观实验属于片面型、宏观递归型的间接实验，和可化为直接实验的间接实验有本质区别（见第八章）。虽然假话是无意的，但科学绝对不能允许涉及自然界本质的假话。

第三，一世纪来物理学家为已接近“知天命”即对物理极终知识的大悟大彻而激动有过好几次。1900年左右几乎所有的人都相信他们已接近“知天命”，后来的物理学革命使激动的人少得多了，但还是有过几次因为接近有极终性质的微观世界统一或宇宙模式而激动的情形。常以为自己近于“知天命”而激动这样的事就表明易为表面现象而迷惑，连“不惑”都做不到，何能“知天命”！在物理学数百年历史舞台上，研究者常是忽忽过客，理论多是过眼烟云。物理学里可以确认不是过眼烟云的只有实验本身，其它都有待确定，牛顿、爱因斯坦的理论都不能例外，至多领风骚数百年而已。因此，从这个意义上说，物理学家的不成熟特别表现在，他们连什么是实验的普遍抽象特征和精确定义、实验的精确分类如何、微观实验和天文实验各属何类这样最基础的题目尚答不上来，却热衷于给远未有充分实验数据的超微观和宇宙领域作极终性质的答案。这种情形正如一位数学家不懂逻辑推理的精确性质却声称知道数学本质那样不可理喻。

第四，数学被称为人类智慧的最高结晶，不是浪得虚名的，数学的科学思想领先于其它任何科学，特别是总领先于物理学不

止一个世纪，但现在的物理学家一面利用数学，一面又贬低数学的全面楷模作用，即只承认数学的形式、范例可利用，而不愿意学习数学的科学思想。他们过份强调两者的价值观不同，认为对数学不必知道太多，只需到用时学些范例，他们对一个多世纪来数学由于基础精确化而带来的一系列革命性变化所知甚少，从而枉对相应的现代数学思想精华。例如，和物理学关系密切的拓扑学、群论里的系统的等价类、系统的内外区分、描述系统的非唯一性、系统上形象的非绝对性，还有数学里最出色最有力的抽象化方法，在涉及操作的领域里头等重要的能行性，都是现代数学的思想精华。但物理学家对它们却视而不见，见而不用，从不借鉴用于物理学的实验和参照系统上。这表明了物理学家并不真懂实验也不真懂真用现代数学，他们对比物理学更先进的数学的使用方式不够科学。这是令人感叹的。

这本书的主要理论内容是抽象实验的定义、实验和实验室系统的分类、不等价实验室间的关系和希尔伯特第6问题。相当大的篇幅是和现代数学的比较以及对物理学家的带强烈个人感情色彩的研究方式的批评。这样的篇幅安排是必要的，因为抽象实验过去是理论空白，它的研究背景是指责现代物理学只达到十九世纪的科学思想水平，批评物理学家不真懂实验也不真懂现代数学，要求推倒现在理论关于微观物理学的全部假话，重建精确化的实验理论基础。这些都非小问题，关系到整个物理学的发展前途，不可能用简单的话就说得清楚。为了方便阅读，把书中全部理论内容集中在最后的附录《抽象实验和希尔伯特第6问题》里。读者可以先阅读第十三章和附录再读前十二章。对本书涉及的现代数学思想的更详尽论述，请看拙著《近现代数学的思想变迁》。由于笔者水平有限，文中错误在所不免，敬请读者指教。在此谨向在本书写作出版中得到的支持表示深切的谢忱。

1993年11月

目 录

第一章	基础理论的价值和基本问题	(1)
1 · 1	比较最终落实于抽象实验.....	(1)
1 · 2	我们对实验了解仍极肤浅.....	(3)
1 · 3	实验应占多高地位.....	(4)
1 · 4	物理学和数学比较前的说明.....	(6)
1 · 5	比较 1：工具精确化和最终图象破产 (上)	(8)
1 · 6	比较 1：工具精确化和最终图象破产 (下)	(12)
1 · 7	比较 2：实验理论和自然界理论的区别.....	(15)
1 · 8	比较 3：计算的能行性和实验的能行性.....	(18)
1 · 9	比较 4：物理学想象力和实验规则 (上)	(20)
1 · 10	比较 4：物理学想象力和实验规则 (下)	(25)
1 · 11	从四个比较得到的收获.....	(29)
第二章	坏实验理论背后是坏物理学	(31)
2 · 1	缺陷对发展物理学至关重要.....	(31)
2 · 2	坏实验理论背后是坏物理学.....	(32)
2 · 3	比较 5：数学的严格性和物理学的严格性.....	(35)
2 · 4	缺陷一：基本概念被随意删减实质内容.....	(39)
2 · 5	比较 6：严格性禁止通俗语言定义.....	(42)
2 · 6	缺陷二：最基本概念使用通俗语言.....	(47)
2 · 7	比较 7：排除通俗语言未必就严格.....	(51)
2 · 8	缺陷三：物理专有判据的欠缺.....	(54)
2 · 9	物质形态的普遍特征不足够.....	(56)
2 · 10	比较 8：数学家和物理学家的自知力.....	(60)
2 · 11	远实验职业集团日渐得势.....	(64)
2 · 12	心理压力和该有的自信心.....	(67)

2 · 13	实验理论是最纯洁的领域·····	(69)
2 · 14	比较 9: 推理回归数学和实验被逐出物理学·····	(71)
2 · 15	本章小结·····	(74)
第三章	实验理论的特点和应遵循的科学原则	
	·····	(77)
3 · 1	比较10: 不应指望结构相同·····	(77)
3 · 2	比较11: 不应指望内容奇特·····	(81)
3 · 3	比较12: 工具理论需要概括力而非想象力·····	(84)
3 · 4	表达事实而不是创造假说·····	(87)
3 · 5	诚实是应遵从的职业准则·····	(89)
3 · 6	不该用带物理解释的数学家定义·····	(90)
3 · 7	严格化抽象实验理论的轮廓·····	(93)
第四章	实验的三个基本定义	(95)
4 · 1	对本章内容的预先说明·····	(95)
4 · 2	实际实验、真实验和假想实验的区别性定义·····	(96)
4 · 3	比较13: 严格性和日常语言的使用·····	(98)
4 · 4	广义实验和数值实验·····	(100)
4 · 5	比较14: 数学家怎样把计算抽象化·····	(102)
4 · 6	实验的定义·····	(106)
4 · 7	对象和它的两个普遍类·····	(110)
4 · 8	比较15: 数学家怎样处理原始定义的直观涵义·····	(112)
第五章	物理学的永恒真理——抽象实验公理和规则(上)	(115)
5 · 1	应从狭隘的专业方法转到普遍科学方法·····	(115)
5 · 2	比较16: 数学和物理学的永恒真理·····	(117)
5 · 3	比较17: 最深刻的原理是最简单的·····	(119)
5 · 4	公理组 I: 基础公理·····	(122)
5 · 5	对公理组 I 的说明·····	(123)
5 · 6	公理组 II: 能行实验、广义实验和自然界理论的关系公理·····	(125)

5 • 7	对公理组Ⅲ的说明	(128)
5 • 8	公理组Ⅳ：物理陈述的“真”的公理	(130)
5 • 9	公理组Ⅳ的说明和实验系统的非演绎性	(132)
5 • 10	比较18：科学化程度偏低在“真”的处置上	(134)
第六章	物理学的永恒真理——抽象实验公理和规则（下）	(139)
6 • 1	比较19：系统的全部应有结果不一定来自演绎	(139)
6 • 2	规则Ⅰ：普遍能行实验类的类特征导出规则	(141)
6 • 3	比较20：学科原理多由学科归纳产生	(142)
6 • 4	比较21：数学和物理学里的归纳	(145)
6 • 5	公理Ⅲ—3	(149)
6 • 6	公理Ⅳ—3	(150)
6 • 7	关于实验公理的一些结论（上）	(151)
6 • 8	关于实验公理的一些结论（下）	(152)
第七章	实验标准和参照系	(155)
7 • 1	比较22：认真总使过份美好方案破产	(155)
7 • 2	使实验标准抽象化的原则	(158)
7 • 3	能行实验类标准的第一类特征	(161)
7 • 4	能行实验类标准的第二类特征	(162)
7 • 5	对第二类特征的说明	(165)
7 • 6	能行实验类标准的第三类特征	(167)
7 • 7	时空标准（参照系）的抽象化定义	(169)
7 • 8	爱因斯坦和柏格曼的参照系的缺陷	(171)
7 • 9	比较23：数学家也不敢把不能行的东西当作基础	(173)
7 • 10	应使参照系概念回到能行性上来	(177)
第八章	抽象能行实验的分类	(180)
8 • 1	比较24：分类的理论价值	(180)
8 • 2	抽象实验分类的分离特征	(182)
8 • 3	直接实验类和间接实验类	(183)
8 • 4	可直接化实验类和片面实验类	(184)

8 · 5	宏观递归实验类·····	(186)
8 · 6	微观实验和宏观实验的类属·····	(187)
8 · 7	微观实验分类的归纳产生·····	(188)
8 · 8	现代物理学家和古典物理学家的区别·····	(194)
第九章	原有参照系和微观物理学的不完全性 ·····	(197)
9 · 1	诚实是做实验学问的第一要旨·····	(197)
9 · 2	比较25：数学的不可判定性和物理的不可检验性·····	(199)
9 · 3	半能行参照系和事件的定义·····	(202)
9 · 4	原有参照系和原有实验室系统·····	(203)
9 · 5	不可检验性和不完全性的定义·····	(205)
9 · 6	微观物理理论的不完全性·····	(206)
9 · 7	比较26：数学的和物理学的不完全性·····	(207)
9 · 8	能行量和原有量的对应·····	(211)
9 · 9	爱因斯 坦 的完全性概念不触及灵魂·····	(215)
第十章	物理学家的坏习惯 ·····	(218)
10 · 1	基础物理学面临崩溃亟需反省·····	(218)
10 · 2	批评要落在赤裸裸的要点上·····	(219)
10 · 3	坏习惯一：把基础推给哲学和数学·····	(221)
10 · 4	坏习惯二：在乏数据领域放纵空想·····	(224)
10 · 5	坏习惯三：轻视严格性·····	(226)
10 · 6	反省的小结·····	(227)
第十一章	物理学家应向现代数学学习的思想精华 ·····	(229)
11 · 1	仅知道使用数学范例的时代已经过去·····	(229)
11 · 2	几千年数学的思想精华：抽象和能行·····	(232)
11 · 3	精华三：工具包含于基础并要精确化·····	(234)
11 · 4	精华四：系统的等价类和成员范围·····	(236)
11 · 5	精华五：对绝对形象的否定·····	(239)
11 · 6	现代物理学的科学水平比数学落后了多远·····	(243)

11 · 7	物理学和数学的价值观.....(245)
11 · 8	爱因斯坦的物理思想是古董吗.....(249)
11 · 9	物理学家是“叶公”吗又“龙”是什么.....(253)
第十二章	实验室和实验室系统间的关系.....(256)
12 · 1	比较27: 数学重建的教训和物理学基础的建立.....(256)
12 · 2	基本技术方法仍是抽象化和分类.....(259)
12 · 3	最普遍的实验室系统类.....(260)
12 · 4	实验室的等价类.....(263)
12 · 5	能行实验室的子类.....(264)
12 · 6	不等价实验室间的关系.....(266)
12 · 7	关于不等价实验室的假说.....(268)
12 · 8	物理学家纵容江湖假说的时代应结束了.....(269)
第十三章	希尔伯特第6问题的物理学公理化
	问题的解.....(273)
13 · 1	希尔伯特第6问题和它的研究现况.....(273)
13 · 2	澄清一: 原文那些内容有实质意义.....(276)
13 · 3	澄清二: 希尔伯特等人工作的偏向和障碍.....(279)
13 · 4	澄清三: 欧几里得模式和拓扑学模式.....(282)
13 · 5	澄清四: 第6问题的题意是什么.....(284)
13 · 6	第6问题的难点和对改题主张的批评.....(289)
13 · 7	第6问题的逼近式分解和解题方案.....(292)
13 · 8	物理学公理的存在性.....(294)
13 · 9	比较28: 物理学基础和数学基础的相似结构.....(296)
13 · 10	关于比较的感想.....(300)
附录	抽象实验和希尔伯特第6问题.....(303)

第一章 基础理论的价值和基本问题

1·1 比较最终落实于抽象实验

贯串本书的一条主线索是现代数学和物理学的比较。而比较最终将落实在实验的抽象化、抽象实验的分类、实验室的分类，即抽象实验理论上。实验对微观物理学的介入、限制和禁戒将是这一理论的主要结果。

把实验抽象化并分类即研究实验类的概括性要素及类间的概括性关系的区分。这些要素和关系实质上是一种实验逻辑结构。抽象化和分类使用的方法是与实验有关的特定的逻辑推理方法。可以说，对抽象实验、实验室及它们的分类的研究是对实验普遍规律的探讨。我们将看到，这种逻辑在和实验密切相关的某些方面与数学逻辑很不相同。由于实验逻辑是抽象实验理论的主要部分，我们有时会把实验和实验逻辑相提并论，这时的“实验”一词将泛指一切与抽象实验有关的论题。

研究实验必研究实验和物理学的关系。这里要对“物理学”这个术语作说明。在本书里，“物理学”一般指整个物理学理论，但又常特指基础物理学（或物理学基础）的理论。后者包括大和小的两个方向上的物质世界的基本结构和原理；小的方向是较深层次的物质粒子组分，大的方向是宇宙。“理论”这个词在本书里常被略去，即是说“物理学”常应理解为“物理学理论”。

对“物理学”这个术语的泛指和特指，读者在阅读过程中是不难辨别的。特别是当我们激烈地批评物理学时，一般指物理学基础而不针对像固体物理学、等离子体物理学、核物理学等次基础领域，更不针对实验物理学的任何领域。既然基础物理学是全物理学的基础，批评基础物理学就是批评整个物理学。从这个角度说，对物理学的泛指和特指不作区分也是合情理的。

实验和逻辑从有科学以来一直是所有科学学科的两大大支柱。当然，对数学而言，实验可以广义地理解为现实里为数学提供原型的实践和对抽象数学在纸面上的实际刻划经验。没有科学工作者对实验和逻辑的支柱作用持异议。本书对实验本质的研究则可认为起源于这样的疑问：在现代物理学里实验和逻辑真的被当作支柱了吗？

本书将从两个方面来对实验的本质进行论述。一是正面地给出实验的抽象化形式和分类。二是对现代物理学在实验和逻辑上的各种错误特别是技术性的错误和方法论错误作出毫不留情的严肃批评。

下面马上给出第一个批评，它与实验理论的现况有关。

和其它自然科学和物理学自身相比，从牛顿时代以来，物理学家对实验理论和实验逻辑的理解一直停滞不前。实验理论领域是物理学里最没有生气又最没有现代气息的部分。

十九世纪下半叶以来，所有的自然学科都发生过革命性的变化。数学、物理学、化学、生物学、天文学、地学和医学等等无一例外。这些变化之所以称作革命性的，因为相应的基础概念完全翻新并且进入更深的层次和更精密化。以遗传学为例。十九世纪孟德尔通过对豌豆的高矮、豆荚的颜色和形状等等因素的观察，提出了作为遗传的因子的独立实体即基因的存在。当时并不能确切说出基因是什么。在一个世纪后的今天，遗传学家已经把基因的概念深入和精密到DNA的分子结构。在这里，“革命

性”、“精密化”和“层次的深入”已不须解释就令外行人明瞭了。

再考察今天人们对实验的认识水平。与上世纪相比，进步是纯技术性的。人们可以做非常复杂和精巧的实验，其技术和工艺水平的确无与伦比。高水平的例子是可以通过扫描隧道效应显微镜去移动分子。可是，对于实验概念的理解，今天比上世纪甚至比三百年前的牛顿时代并没有任何实质性进步。对于什么是实验、实验可否抽象化和严格分类这些基本问题（具体形式见下节），既没有什么精确化和层次的深入可言，更谈不上什么革命性的变化。现在人们看到的关于实验的教科书实际上不过是误差理论和实验装置的详细说明书，根本没有可称之为理论的关于实验的严格的概念系统。

今天的实验理论的低水平状况与现代物理学的高水平是非常不相称的。

1·2 我们对实验了解仍极肤浅

对于实验理论近几世纪来的停滞不前和缺乏发展动力，物理学家或许会作这样的辩解：实验不过是提供数据的工具，对它的了解已经充分和足够，再进一步的探讨不可能具有太大的意义。

上述观点的确是今天物理学界在实验理论问题上的气氛的思想实质。没有必要就这个观点作哲学上的争辩，这种争辩不会有什么效果。最好的反驳是从纯粹物理学的角度指明关于实验存在着那些普遍而基本的问题，同时指出现在的物理学理论无法回答它们。这就直截了当地证明了现在物理学对实验的了解远非充分。

下面四个基本理论问题都是关于实验的纯粹物理问题。

基本问题1 实验可不可以被抽象化，可不可以化归为几个抽象要素？如不可，有否理论或经验证明；如可，则要给出其

抽象化形式。

基本问题 2 实验是否能分类，更确切地说，是否能给出普遍实验类的关系？

基本问题 3 实验概念和自然界性质的理论的关系是什么，具体地说，实验概念是否存在于自然界理论内部，以什么形式存在？它在自然界理论里是有重要意义的概念还是无价值的附属物？

基本问题 4 实验的精确化包括抽象化和分类是否会对自然界理论产生限制和禁戒的作用？

这些问题的重要性是显然的。后三个问题更表明，在未作严格的研究和论证之前，人们不能先验地排除实验理论（不是实验技术）对自然界理论具有难以估量的影响的可能性。

可以肯定，不管这些问题的最终答案是什么，它们都已表明迄今为止物理学家对实验的了解是极其肤浅的。这里使用“极其肤浅”这个形容词是不过份的，因为现在的物理学竟然连那样基本的问题都未曾认真提出来作为研究课题，更不用说谋求解答了。以后的讨论会表明现在物理学对实验了解之贫乏确实令人难以想象。

1.3 实验应占多高地位

要知道实验概念在现代物理学里实际占据着怎样的地位，可以从两个方面去考察。

首先，在观察实验的实际地位时，我们不能以物理学家的表面言论为依据。几乎所有的物理学家表面上总声称物理理论包括他们最新创造的理论以实验数据为出发点，并将会获得实验的证实。物理学家对实验的两个最常见的颂美之词是称实验为“物理理论的源泉”、“物理理论的最高裁决者”。从这些言词来看，